

**ATRIBUTOS AGRONÓMICOS Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE LÍNEAS Y SUS  
PROGENIES EN MAÍZ DERIVADAS DE SEMILLA CRIOLLA POR MEJORADA**

**ALFREDO NEY VÁZQUEZ AGUILAR**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para**

**obtener el grado de:**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA**

**DE GRANOS Y SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2007.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**ATRIBUTOS AGRONÓMICOS Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE LÍNEAS Y SUS  
PROGENIES EN MAÍZ DERIVADAS DE SEMILLA CRIOLLA POR MEJORADA**

**TESIS**

**POR:**

**ALFREDO NEY VÁZQUEZ AGUILAR**

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y  
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

**COMITÉ PARTICULAR**

Asesor principal:

\_\_\_\_\_  
Ph.D. Norma Angélica Ruiz Torres

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Ph.D. Froylán Rincón Sánchez

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Valentín Robledo Torres

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Director de posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre 2007.

## AGRADECIMIENTOS

A mi “**ALMA MATER**” **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por haberme cobijado durante mi preparación profesional a nivel licenciatura y maestría.

Al personal del **CENTRO DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**, por ayudarme a adquirir nuevos conocimientos y valores.

A la **Ph. D. NORMA ANGÉLICA RUIZ TORRES**, primeramente por su amistad y sus consejos; y por brindarme parte de su tiempo en la realización de este proyecto.

Al **Ph. D. FROYLÁN RINCÓN SÁNCHEZ**, por haberme dado la oportunidad de participar en este trabajo de investigación y su apoyo en la realización de la tesis.

Al **Dr. VALENTÍN ROBLEDO TORRES** por su valiosa contribución en la realización de este trabajo y sus sugerencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por el apoyo becario que me otorgó durante mis estudios de maestría.

A la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**), por el financiamiento de la investigación a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI).

A la T.A. L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel encargada del laboratorio de fisiología y bioquímica de semillas, por su apoyo en la realización de la tesis.

## DEDICATORIAS

A Dios: ese **PODER SUPERIOR**, que permitió que yo estuviese aquí para ser testigo de las grandeza del mundo y formar parte de el.

A mis Padres: **Manuel Vázquez Hernández y Carmen Aguilar Jiménez** por el amor, por la forma en que me enseñaron a enfrentar y querer la vida, y por el inmenso apoyo que siempre me han brindado en cada etapa de mi vida.

A mis Hermanos: **Julio y Juanita** mis dos mejores amigos y razones para seguir adelante, gracias por compartir los mejores momentos de mi vida a sus lado.

A la Familia **Vázquez**: por la armonía, amistad, consejos y ejemplo para continuar alcanzando nuevas metas.

A mis **amigos**: a todos ellos que permitieron hacer uso de mi banco de favores gracias, especialmente a mi mejor amiga **Karina Berenice** gracias por todo lo que significas en mi vida.

A mis **compañeros de la maestría**: por la amistad y el apoyo durante mi estancia.

Al equipo de Soccer: Gracias por permitir estar entre sus filas y enseñarme a siempre querer ganar.

## COMPENDIO

ATRIBUTOS AGRONÓMICOS Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE LÍNEAS Y SUS  
PROGENIES EN MAÍZ DERIVADAS DE SEMILLA CRIOLLA POR MEJORADA

POR:

ALFREDO NEY VÁZQUEZ AGUILAR

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, OCTUBRE 2007.

Ph. D. Norma A. Ruiz Torres - Asesor-

Palabras clave: *Zea mays* L., líneas, cruzas, calidad fisiológica de la semilla, rendimiento de grano.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: 1) Determinar el comportamiento agronómico de líneas y cruzas simples experimentales de maíz criollo mejorado, 2) Determinar la calidad fisiológica de las líneas y sus cruzas simples y 3) Determinar la asociación entre los atributos de calidad fisiológica y de comportamiento agronómico. Se llevaron a cabo tres estudios, el primero consistió

en la evaluación de las cruzas simples derivadas de las 8 líneas S<sub>2</sub> y de sus progenitores y se llevó a cabo en el ejido “El Mezquite”, municipio de Galeana N.L. El segundo en determinar la calidad fisiológica de la semilla híbrida y sus progenitores en laboratorio mediante una prueba de germinación, y el tercero fue llevado a cabo en invernadero para determinar velocidad de emergencia (prueba de vigor) en los mismos materiales genéticos. Los experimentos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los caracteres agronómicos evaluados fueron: REND, AP, AM, HUM, FM, FF, MCOB, AR, AT, PRO y MP. Los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio son: PC, PN, PA, SSG, LMP, LMR y PST; e IVE, ET, LMP, LMR, PSP y PSR en invernadero. Desde el punto de vista agronómico (campo) se encontró diferencias entre líneas y entre cruzas. En las cruzas el rendimiento se incrementó en un 43.99 por ciento en promedio respecto a sus progenitores. Dentro de los progenitores la línea 1006 obtuvo el rendimiento más alto con 10.78 t ha<sup>-1</sup> y la craza 1003 x 1005 fue la progenie con el mayor rendimiento 15.324 t ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la calidad fisiológica en laboratorio, se presentaron diferencias entre materiales en las líneas y sus progenies; así mismo las semillas originadas de cruzas entre líneas fueron de mejor calidad, que las de progenitores como consecuencia principal de un efecto heterótico, ya que en maíz la heterosis puede ser observada en las primeras etapas de desarrollo. Se presentaron diferencias entre progenitores y entre progenies en la calidad fisiológica en invernadero. También hubo superioridad de las cruzas sobre sus progenitores lo cual indica un vigor híbrido de plántula. Esto se debe principalmente a la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta madre y por el tipo de progenitores tanto masculino como femenino.

En las líneas se observó correlación positiva entre la variable altura de planta (atributo agronómico) y la longitud media de plúmula y raíz en invernadero (atributos de calidad fisiológica) en las líneas. En las cruzas se presentó correlación positiva entre REND en campo y LMR en invernadero y negativa entre PSP en invernadero y FM y AP en campo. Se observó también una correlación negativa entre HUM en campo y GER en laboratorio.

## **ABSTRACT**

**AGRONOMIC ATTRIBUTES AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF LINES AND  
THEIR PROGENIES DERIVED FROM LANDRACE BY IMPROVED SEED**

**BY:**

**ALFREDO NEY VÁZQUEZ AGUILAR**

**MASTER**

**TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE 2007.**

**Ph. D. Norma A. Ruiz Torres –Advisor-**

**Key Words:** *Zea mays* L., lines, crosses, physiological seed quality, grain yield.

The objectives of this research work were: 1) To determine the agronomic performance of lines and their hybrid crosses of experimental maize landraces, 2) To determine the physiological seed quality of lines and their single crosses and 3) To determine the association among physiological quality attributes and agronomic performance.

Three studies were carried out, the first one consisted on the evaluation of single crosses derived from eight S<sub>2</sub> lines and their progenitors, in ejido “El Mezquite”, in Galeana N. L. Mexico. The second was carried out in laboratory and it consisted on to determine the physiological seed quality from the hybrid seed and their parental lines through a germination assay, and the third study was carried out in a greenhouse, to determine the emergency speed (vigor test) in the same genetic materials.

The experiments were established under a randomized block design with three replications. The evaluated agronomic parameters were: REND, AP, AM, HUM, FM, FF, MCOB, AR, AT, PRO y MP. The physiological an attributes evaluated in the laboratory were: PC, PN, PA, SSG, LMP, LMR y PST; and IVE, ET, LMP, LMR, PSP y PSR in the greenhouse. In the field experiment there were found significant differences among lines and among crosses. There was a 43.99 percent increase in seed yield in the crosses in comparison to the parental lines. The 1006 line had the highest yield with 10.78 t ha<sup>-1</sup> and the 1003 x 1005 hybrid cross was the progeny with the best yield (15.324 t ha<sup>-1</sup>). In the seed quality study, there were differences among lines and their hybrid crosses; hybrid seed had better seed quality than their parental lines due to a heterotic effect; in maize heterosis can be observed in the first development stages. In the green house study there were differences in seed physiological quality among parental lines and their progenies, the hybrid crosses had better performance than the parental lines due to plantlets hybrid vigor. This is mainly to the genetic constitution, nutrition and development of the female parental line and the type of progenitors.

A positive correlation between plant height (agronomic attribute) and plumule and root length (physiological quality attributes) was found in lines. On the other hand, a positive correlation was found between field yield and root length (greenhouse), and a negative correlation between plant weight in greenhouse and male flowering and plant height. A negative correlation between HUM (field) and germination (laboratory) was also observed.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>COMPENDIO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
Heterosis .....	7
Calidad de la Semilla .....	9
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
Estudio I. Campo .....	13
Material genético .....	13
Ubicación del Experimento .....	14
Manejo Agronómico.....	14
Variables Agronómicas Evaluadas.....	15
Estudio II. Laboratorio.....	17
Prueba de Germinación.....	17
Estudio III. Invernadero.....	18
Análisis Estadístico.....	20
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
I. Campo .....	21
Líneas.....	21
Cruzas .....	25
II. Laboratorio.....	32
Líneas.....	32
Cruzas .....	35

III. Invernadero.....	40
Líneas.....	40
Cruzas .....	42
<b>CORRELACIONES ENTRE VARIABLES.....</b>	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
1	Cuadro 3.1. Descripción de las líneas de maíz utilizadas como progenitores derivadas de una población criolla por mejorada. ...	14
2	Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas evaluadas en el experimento de las líneas en la localidad del Mezquite, N.L. (2006). .....	23
3	Cuadro 4.2. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en las líneas en la localidad del Mezquite N.L. (2006). .....	24
4	Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas evaluadas en el experimento de las cruzas en la localidad del Mezquite, N.L. (2006). .....	26
5	Cuadro 4.4. Comparación de medias de seis variables agronómicas evaluadas en las cruzas en la localidad del Mezquite N.L. (2006). .....	30
6	Cuadro 4.5. Comparación de medias de cinco variables agronómicas evaluadas en las cruzas en la localidad del Mezquite N.L. (2006). .....	31
7	Cuadro 4.6. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....	34
8	Cuadro 4.7. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....	35
9	Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....	36
10	Cuadro 4.9. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....	39

<b>11</b>	<b>Cuadro 4.10. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original). .....</b>	<b>40</b>
<b>12</b>	<b>Cuadro 4.11. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla Original)(2006). .....</b>	<b>42</b>
<b>13</b>	<b>Cuadro 4.12. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las cruvas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original)(2006). .....</b>	<b>43</b>
<b>14</b>	<b>Cuadro 4.13. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las cruvas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....</b>	<b>45</b>
<b>15</b>	<b>Cuadro 4. 14. Correlación de las variables evaluadas en las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....</b>	<b>47</b>
<b>16</b>	<b>Cuadro 4. 15. Correlación de las variables evaluadas en las cruvas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006). .....</b>	<b>48</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es después del petróleo, el producto natural que más usos tiene desde su consumo directo hasta la elaboración de solventes químicos. Debido a su importancia es el grano que más se produce a nivel mundial; en el 2003/2004 su producción se estimó alrededor de 711,000, 000 t (SIAP, 2007).

México es reconocido mundialmente como uno de los países con mayor riqueza biológica, el maíz es un cultivo que sobresale, el cual esta representado por poco mas 50 razas (Hernández, 1999). Sin embargo, el país no es autosuficiente en la producción de maíz, ya que el campesino enfrenta algunos problemas, siendo los principales el uso de semillas criollas de bajo potencial productivo, y el poco uso de semilla certificada.

Esto trae consigo que el país produzca solamente el 73.33 % de la demanda, siendo esta alrededor de 30 millones de toneladas. El faltante se cubre con importaciones básicamente de los Estados Unidos de América, que en 2006 alcanzaron un record de 10.7 millones de toneladas con valor de 1,320 millones de dólares (grano amarillo, blanco y grano quebrado).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> “EL FINANCIERO” México D.F. Lunes 12 de febrero del 2007. Año XXVI N° 7253. Pag. 33. La Bioenergía y la crisis de la tortilla. Consultor Privado León Opalia.

La dependencia de México de las importaciones de maíz genera vulnerabilidad, hoy en día nos podemos dar cuenta ya que debido a la producción de etanol principalmente por los Estados Unidos de América a base del maíz, ha generado la elevación de los precios de este producto en el mercado global, causando una alza en cada uno de sus derivados.

Actualmente, en México alrededor del 85.5 % de los agricultores utilizan semilla criolla de maíz para sus siembras y 14.5 % usan semilla mejorada (SIAP, 2007). El uso de la semilla esta asociada al tipo de agricultura. En las regiones con agricultura campesina típica de 80 a 100 % de los agricultores usan fundamentalmente semilla criolla; en áreas con agricultura de transición, de 50 al 80 %, y en la agricultura empresarial menos de 50 %.

Debido a lo anterior, es necesario el desarrollo de materiales vegetales que den altos rendimientos y que se adapten a diferentes ambientes, ya que esto permite ampliar el horizonte en las metas de los programas de mejoramiento participativo. Para esto, el mejoramiento genético es un eslabón que ha contribuido en el aumento de la producción, muy particularmente con el cruzamiento de líneas que han sido el pilar para la producción de semilla híbrida de maíz (heterosis) (Tomes, 1998).

Por lo tanto, este trabajo de investigación pretende a través del mejoramiento genético la obtención de materiales de maíz criollo sobresalientes, con alta calidad

fisiológica y productiva, que resuelvan en gran medida los problemas que enfrentan productores de la región Sureste de Coahuila.

## **OBJETIVOS**

1. Determinar el comportamiento agronómico de líneas y cruzas simples experimentales de maíz criollo mejorado.
2. Determinar la calidad fisiológica de las líneas y sus cruzas simples.
3. Determinar la asociación entre los atributos de calidad fisiológica y de comportamiento agronómico.

## **HIPÓTESIS**

Existen diferencias entre genotipos para líneas y cruzas, así como superioridad de las cruzas sobre sus progenitores, en el comportamiento agronómicos y la calidad fisiológica.

## II. REVISION DE LITERATURA

Todo ser humano depende de las plantas para su alimentación. Debido a esto desde hace muchos años el hombre se ha preocupado en obtener plantas mas aptas para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, ha sido recientemente cuando estos intentos han sido sistematizados hasta ser considerados como ciencia.

El mejoramiento de plantas tiene como principal objetivo el aumento en la producción y calidad de las cosechas, atendiendo al incremento de la población y la constante demanda de alimentos. A través del mejoramiento tradicional se han obtenido variedades mas productivas, resultado de una mayor eficiencia fisiológica (Allard, 1967).

Brauer (1985) considera que la aplicación de la fitogenética tiene como objetivo producir mas por unidad de superficie, buscando una mejora en la calidad de los productos (proteínas, vitaminas y minerales). El medio para lograr esto consiste en crear genotipos más eficientes, capaces de aprovechar mejor el agua, los fertilizantes y el clima.

Para que exista una selección eficaz en el mejoramiento de plantas es necesario que haya variabilidad genética dentro de la población.

En este sentido, la autofecundación se ha utilizado exclusivamente para la obtención de líneas puras de maíz. El valor de una línea pura se basa en su capacidad para producir híbridos superiores cuando se combinan con otras líneas puras. Un híbrido entre dos líneas de maíz no relacionadas siempre muestran por lo menos algún aumento de vigor sobre sus progenitores (Allard, 1967).

La obtención o el mejoramiento de líneas endogámicas para elevar el rendimiento de grano per se, así como para mejorar los caracteres agronómicos de la planta y mazorca, es una meta importante de los mejoradores de maíz, debido a que se facilita el manejo agronómico de las líneas, se eleva el rendimiento de semilla al productor; además, permite explotar al máximo la heterosis por que se facilita el uso de las cruza simples (Hallauer, 1990; Márquez, 1988).

Ordás (1991) señala que la magnitud de la heterosis mostrada por un híbrido depende en gran parte de la variabilidad genética de los progenitores de los cuales se derivaron las líneas involucradas.

Actualmente en México la base genética del maíz (*Zea mays* L.) ha sido ampliada con los múltiples procesos de selección, adaptación y manejo; la variabilidad genética es el resultado de la interacción genotipo x ambiente físico y biótico en el proceso evolutivo y de selección practicada por los agricultores por lo que existe un amplio rango de variabilidad. Un factor determinante de la diversidad genética es el manejo de los cultivos en los diferentes agroecosistemas y unidades de producción, en los que pueden variar las densidades de población, fechas de

siembra, dosis y épocas de fertilización y riego, que interaccionan fuertemente con el genotipo (Turrent, 2005).

### **Heterosis**

La heterosis es un carácter que desde hace muchos años se ha explotado, es el fenómeno de la cual la cruce ( $F_1$ ) entre dos razas, dos variedades, dos líneas, etc; producen un híbrido que es superior en tamaño, rendimiento o vigor en general. Algunos investigadores hablan de heterosis cuando  $F_1$  es superior en vigor al comportamiento promedio de sus progenitores; otros consideran como heterosis cuando  $F_1$  es superior al vigor del mejor progenitor y tiene por consiguiente mayor importancia económica (Reyes, 1985).

Márquez (1988) define heterosis como el mayor vigor, en tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades y a plagas, o a condiciones climáticas de cualquier clase.

Por su parte Cubero (1999) menciona que la heterosis es el aumento en la expresión de ciertos caracteres que surgen tras el crecimiento entre especies, variedades o líneas puras.

Existen dos teorías en cuanto al fenómeno del vigor híbrido, una ampliamente aceptada se basa en la suposición de que el vigor híbrido es el resultado de reunir genes dominantes favorables (dominancia); y la otra explica el vigor híbrido sobre

La base que la heterocigocidad es superior a la homocigocidad y por lo tanto, el individuo mas vigoroso es el que tiene mayor número de álelos heterocigóticos (sobredominancia) (Poehlman, 1979).

La teoría de la sobredominancia es la mas aceptada de acuerdo a Sánchez (1955) en la cual, tanto la disminución del vigor por la homocigosis, como la heterosis obtenida a través de cruzamientos, son fenómenos mendelianos que envuelven una interacción entre genes dominantes que tienden a aumentar el vigor, y genes recesivos que tienden a disminuirlo. Menciona también que a medida que se acentúa la pérdida de vigor, disminuye la variación entre las plantas de cada progenie.

Las manifestaciones del vigor híbrido son de muy diversas formas siendo considerado el rendimiento como el indicador mas importante. Otras características donde se manifiesta el vigor híbrido son; la altura de planta, el tamaño de las hojas, el tamaño de la mazorca y el número de granos.

En trabajos realizados recientemente se puede observar el fenómeno de heterosis, por ejemplo Crossa *et al.* (1990), en una evaluación de patrones heteróticos en razas mexicanas de maíz, encontraron que en los Valles Altos las razas Cónico, Cónico Norteño y Chalqueño tuvieron rendimientos altos tanto en comportamiento per se como en cruzamientos.

Márquez et al. (2000) menciona que produjeron grano de maíces criollos originales y sus versiones genéticamente mejoradas, que al ser evaluadas superaron en 40 % el rendimiento de los criollos.

Rincón et al. (2002) al cruzar una variedad de maíz criollo adaptada a Jagüey de Ferniza, Coahuila, y una población experimental precoz bajo condiciones de riego y temporal, se encontró que el 43 por ciento de la descendencia superó en rendimiento a la población mejorada.

Por su parte Ávila (2006) al evaluar las combinaciones de materiales criollo por mejorados (CMSeITar y CMSeIPre) encontró un potencial de rendimiento sobresaliente en promedio, superando en un 32 por ciento la media de las poblaciones criollas.

### **Calidad de la Semilla**

La calidad de la semilla depende de la sumatoria de los atributos genéticos, fisiológicos, sanitarios y físicos de la misma.

La calidad genética es el primer componente esencial de la calidad total de la semilla. Por lo tanto, la constitución genotípica de las semillas es decisiva para su desempeño germinativo, ya sea por su aptitud para preservar adecuadamente sus sistemas metabólicos pese al envejecimiento o bien para subsanar los daños que pudieran ocurrir en ella durante la fase inicial de la germinación.

Refiriéndose al efecto del endospermo en la calidad de las semillas de maíz, la literatura indica que la presencia de genes simples recesivos en interacción ocasiona resultados detrimentales en la capacidad germinativa y vigor de las plántulas, ya que si la cantidad de carbohidratos del endospermo es baja, la disponibilidad de ATP puede ser reducida y subsecuentemente el vigor de la plántula puede ser adversamente afectado (Creech, 1985).

La calidad fisiológica de la semilla esta dada por una buena germinación, emergencia y vigor, siendo en la actualidad este último un parámetro fisiológico relativamente importante.

En la calidad de las semillas, el vigor es un criterio que junto con la prueba de germinación estándar, permiten evaluar la calidad fisiológica; sin embargo, se debe tener en cuenta que la calidad fisiológica de la semilla puede ser alterada por la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta madre y el tipo de progenitores. Así los niveles de vigor en lotes de semillas, determinados por las cualidades genotípicas, pueden ser modificados al alterar el tipo de progenitores que intervienen en la fecundación (Perry, 1983).

En la selección de materiales con buena calidad, la expresión fenotípica de la semilla y su vigor, pueden estar íntimamente relacionados y ser un criterio de selección importante dentro de un programa de mejoramiento genético. Luna (1994) encontró variación en la calidad física y fisiológica de la semilla  $F_1$  en

híbridos trilineales de maíz por efecto de los progenitores utilizados; además de que la calidad física de la semilla puede modificarse por el efecto de xenia en función del progenitor masculino.

La calidad sanitaria se refiere a la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades tales como hongos, bacteria, virus, insectos y se puede considerar algunas condiciones fisiológicas, como deficiencias de microelementos (Moreno, 1996). Cabe señalar que mediante el componente genético puede generarse materiales resistentes o tolerantes a enfermedades.

La calidad física de la semilla esta relacionada con la presencia o ausencia de contaminantes distintos a la semilla. Estos pueden ser materia inerte, semillas de malezas comunes y nocivas, semillas de otros cultivos, insectos, quistes de nemátodos, etc. La calidad física es uno de los mecanismos claves para evitar la diseminación de malezas e insectos (Garay, 1989).

Como hemos visto la calidad de la semilla involucra cualidades básicas diferentes que están incluidas en cuatro componentes que son: físico, fisiológico, genético y sanitario; por lo tanto el máximo nivel de calidad de la semilla se logra cuando en ella estén incluidos estos componentes. Copeland y McDonald (1985) señalan que para conocer las condiciones de calidad de la semilla, la capacidad de germinación es el criterio más usado y es universalmente aceptado que germinación y viabilidad son términos sinónimos al referirse a la habilidad de la semilla para producir plántulas normales bajo condiciones favorables. Por su

parte, Moreno (1996) describe el concepto de vigor como la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semilla durante su germinación y emergencia de la plántula.

La semilla es el eslabón en la agricultura de cualquier país, es un insumo para la producción de alimentos. Por lo tanto hoy en día la humanidad demanda semillas de mayor calidad, y es donde el gobierno y el sector privado deben estar comprometidos en desarrollar mejores tecnologías en la producción, cosecha y almacenamiento.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo de investigación consta de tres estudios: el primero se llevó a cabo en campo y consistió en formar cruzas simples entre y dentro de líneas S<sub>2</sub> derivadas de una población criolla x mejorada; el segundo, en determinar la calidad fisiológica de la semilla híbrida y sus progenitores en laboratorio, y el tercero fue llevado a cabo en invernadero para determinar velocidad de emergencia en los mismos materiales genéticos.

#### **Estudio I. Campo**

##### **Material genético**

Este trabajo partió de 8 líneas S<sub>2</sub> derivadas de una población criolla x mejorada, procedentes del Programa de Investigación de Recursos Fitogenéticos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La formación de las cruzas simples se realizó durante el ciclo agrícola PV-2005 en Derramadero, Coah., ubicado a los 25° 17' 05" de latitud norte y 101° 16' 57" de longitud oeste, a una altitud de 1800 msnm predominando los suelos cálcicos luvicos. La precipitación media anual es de 310 mm (García, 1987).

**Cuadro 3.1. Descripción de las líneas de maíz utilizadas como progenitores derivadas de una población criolla por mejorada.**

<b>Número</b>	<b>Identificación</b>	<b>Genealogía</b>
1	1001	201-3-2
2	1002	201-13-#
3	1003	201-15-3
4	1004	201-20-#
5	1005	201-21-#
6	1006	201-23-#
7	1007	201-24-1
8	1009	201-27-#

### **Ubicación del Experimento**

La evaluación de las cruzas simples derivadas de las 8 líneas  $S_2$  y de sus progenitores se llevó a cabo en el ejido “El Mezquite”, municipio de Galeana N.L. ubicado a los 24° 49’ de latitud norte y 100° 05’ de longitud oeste, a una altitud de 1890 msnm, predominando los suelos sedimentarios del periodo jurásico. La precipitación media anual es de 429.8 mm y la temperatura media anual de 15.8 °C.

### **Manejo Agronómico**

La preparación del terreno consistió en barbecho, rastra y surcado; con el fin de que el terreno estuviera en condiciones para una buena emergencia.

La siembra se realizó depositando dos semillas por golpe, con el objetivo de un buen establecimiento del cultivo para posteriormente aclarar a una planta.

Se aplicó una dosis de fertilización de 120-60-60 la cual se distribuyó en dos partes; la primera se aplicó al realizarse la siembra (60-60-60) utilizando la fuente triple 17 y en la segunda aplicación (60-00-00) se utilizó la fuente urea y se realizó al momento de llevar a cabo el primer cultivo.

Se sembró en húmedo y posteriormente, el número y la lámina de riego varió en función de las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) y el tipo de suelo.

El control de malezas se realizó al momento de la siembra con la aplicación del herbicida preemergente Primagram Gold (cuyo ingrediente activo es S-metalaclor + Atrazina) a razón de 4 L ha<sup>-1</sup>.

### **Variables Agronómicas Evaluadas.**

- 1. Altura de planta (AP).** Distancia en metros entre la base de la planta y la hoja bandera.
- 2. Altura de mazorca (AM).** Distancia en metros desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca.
- 3. Días a floración masculina y femenina (FM y FF).** Número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que el cincuenta por ciento de las plantas presentaron anteras dehiscentes (FM) y estigmas receptivos (FF).

- 4. Rendimiento (REND).** Es la producción estimada por parcela experimental reportada en  $t\ ha^{-1}$  de mazorcas al 15.5 % de humedad. Esto se obtuvo al multiplicar el peso seco (PS) por el factor de conversión (FC).

$$PS = (1 - \% H) * PC$$

Donde: % H = porcentaje de humedad del grano a la cosecha por parcela y PC = peso de campo en kg.

$$FC = (10,000/APU * 0.845 * 1000)$$

APU = área de parcela útil. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre matas por el número exacto de plantas por parcela.

0.845 = constante para transformar el rendimiento de peso seco al 15.5 % de humedad.

1000 = constante para obtener el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ .

10,000 = valor correspondiente a la superficie de una hectárea en  $m^2$ .

- 5. Humedad (HUM).** Para obtener este dato se tomó un número de mazorcas representativas de la parcela, a las cuales se les desgranó hasta obtener cerca de 250 g; esta muestra se llevó a determinación de humedad en el aparato Dickie John (se realizó al momento de la cosecha).
- 6. Acame de raíz (AR).** Porcentaje de plantas acamadas por parcela, considerando aquellas que presentan una inclinación mayor de  $30^\circ$  con respecto a la vertical.
- 7. Acame de tallo (AT).** Número de plantas que presentaron el tallo quebrado por debajo de la mazorca principal y se expresó en porcentaje.

8. **Prolificidad (PRO).** Número de mazorcas cosechadas entre el número de plantas cosechadas.
9. **Mazorca podrida (MP).** Es el por ciento de mazorcas podridas en relación al total de mazorcas cosechadas en cada parcela.
10. **Mala cobertura (MCOB).** Es el por ciento de plantas cuya mazorca no se encontró cubierta totalmente por el totomoxtle (brácteas) en relación con el total de las mazorcas cosechadas en cada parcela.

## **Estudio II. Laboratorio**

La evaluación de las líneas y las cruzas se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

### **Prueba de Germinación**

1. **Germinación Estándar.** La germinación se determinó mediante la prueba estándar (ISTA, 2004), con algunas modificaciones. El ensayo consistió en tomar 75 semillas al azar, teniendo tres repeticiones de 25 semillas por cada tratamiento. Las semillas se colocaron en toallas de papel húmedo, enrolladas en forma de “tacos” posteriormente se llevaron a incubación a 25 °C por siete días. Al séptimo día se evaluaron las plántulas normales, plántulas anormales y las semillas sin germinar.

- 2. Primer Cuento de Germinación.** Este se consideró un indicador de vigor y se llevó acabo en el mismo ensayo de germinación, tomando en cuenta las plántulas normales, al cuarto día después de la siembra, considerando aquellas que presentaron sus estructuras bien desarrolladas (4 cm de longitud).
- 3. Desarrollo y evaluación de las plántulas.** Este método es aplicable a las plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación, consistió en medir la longitud de la plúmula y radícula en cm. Para esto se tomó 10 plántulas representativas. Esta prueba es considerada indicativo de vigor.
- 4. Peso seco de plántula.** Las mismas 10 plántulas que se evaluaron para longitud de plúmula y radícula, se depositaron individualmente en bolsas de papel perforadas para meter a la estufa a 70 °C por 24 horas. Se tomó el peso seco de las plántulas en miligramos (mg).

### **Estudio III. Invernadero**

La evaluación de las líneas y las cruas se realizó en los invernaderos del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

El ensayo consistió en tres repeticiones de 25 semillas por tratamiento. Para esto se utilizó una cama de 5 m de longitud por 0.75 m de ancho, usando como sustrato arena de río, previamente desinfectada con Bromuro de metilo. Las

semillas se sembraron a una profundidad aproximada de 4 cm en el sustrato húmedo. Durante el ensayo se tomaron los siguientes datos fisiológicos.

- 1. Velocidad de emergencia.** La estimación de esta variable se hizo mediante conteos diarios de las plántulas emergidas, considerando aquellas que sobresalían de 5 a 6 mm sobre la superficie del suelo (Invernadero), todos los días a la misma hora hasta cumplir 15 días (Maguire, 1961). Para obtener esta información se utilizó la ecuación que a continuación se presenta:

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{\text{No. P emergidas al } i - \text{ésimo conteo}}{d \text{ desde la siembra al } i - \text{ésimo conteo}}$$

Donde

IVE = Índice de velocidad de emergencia.

No. P = Número de plántulas emergidas.

d = Días después de la siembra.

- 2. Peso seco de plántula.** Consistió en tomar 5 plántulas representativas de cada repetición, a las cuales se separaron por plúmula y radícula. Se colocaron en bolsas de papel perforadas y se metieron a la estufa a 70 °C por 24 horas. Se determinó el peso de la plúmula y radícula respectivamente en miligramos (mg).
- 3. Desarrollo y evaluación de las plántulas.** Este método es aplicable a las plántulas normales, consiste en medir la longitud de la plúmula y radícula en cm. Este método es considerado indicativo de vigor. Se tomaron 5

plántulas normales al azar de cada repetición y se realizó la medición de la plúmula y la radícula.

### Análisis Estadístico

Para la evaluación de las variables en los estudios I, II y III, se utilizó un diseño en bloques completamente al azar cuyo modelo líneal es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, T; j = 1, \dots, b$$

i = genotipos j = bloques

Donde:

$y_{ij}$  = Respuesta en la j – ésima unidad experimental con el genotipo i – ésimo.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del i – ésimo genotipo (líneas y/o cruza).

$\beta_j$  = Efecto del j – ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental en el j – ésimo bloque del i – ésimo genotipo.

Los datos de las variables evaluadas se procesaron con el paquete estadístico SAS (2002-2003). Para la fuente de variación que resultó significativa estadísticamente, se efectuó la correspondiente comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### I. Campo

#### Líneas

Se encontró diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre líneas en las variables altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), floración masculina (FM), y mazorcas podridas (MP); y en las variables rendimiento (REND), floración femenina (FF) y mala cobertura (MCOB) se presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre líneas (Cuadro 4.1). Lo anterior indica la variación entre líneas evaluadas, sin embargo, en el contenido de humedad, acame de tallo y raíz, y prolificidad, las líneas tuvieron un comportamiento similar.

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de las medias de los caracteres agronómicos antes mencionados. En rendimiento las líneas 1006, 1003 fueron las que sobresalieron a las demás, siendo la línea 1006, la de mejor rendimiento con  $10.78 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 41.75 por ciento la media general. La línea 1006 que presentó el mejor rendimiento es un material de porte alto, estadísticamente superior a las demás líneas, también presentó la mayor altura de mazorca, en relación a su inicio de floración masculina y femenina es una línea precoz, ya que se encuentra por debajo de la media general. Por su parte, la línea 1003 que también presentó un rendimiento superior, es un material de porte medio

con una altura de mazorca por arriba de la media general y un inicio de floración masculina y femenina tardío.

El rendimiento mas bajo se presentó en la línea 1007, que es un material de porte bajo (1.950 m) y una altura de mazorca (0.955 m) estadísticamente inferior a las demás líneas. Su floración masculina y femenina es tardía.

La variable mala cobertura (MCOB) mostró diferencias estadísticas significativas entre líneas, donde la línea 1002 presentó el mayor porcentaje de mazorcas con mala cobertura (41.66 por ciento). El menor porcentaje de mazorcas con mala cobertura se presentó en la línea 1006 con 5.13 por ciento.

Con el 23.661 por ciento la línea 1009 presentó el porcentaje más alto de mazorcas podridas siendo estadísticamente superior a los demás genotipos y la línea 1003 obtuvo el menor porcentaje de mazorcas podridas (4.86 por ciento).

Se presentó diferencias en el comportamiento agronómico entre líneas debido principalmente a la constitución genética de cada una de ellas y su relación con el medio ambiente. Las líneas 1006 y 1003 presentaron el mejor comportamiento agronómico, ya que estadísticamente mostraron ser superior en rendimiento a las demás.

**Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas evaluadas en el experimento de las líneas en la localidad del Mezquite, N.L. (2006).**

F.V	gl	REND (t ha <sup>-1</sup> )		AP (m)		AM (m)		HUM (%)		FM (d)		FF (d)	
<b>BLOQUES</b>	1	2.2377	ns	0.0014	ns	0.0182	ns	7.8400	ns	5.0625	ns	9.0000	ns
<b>LÍNEAS</b>	7	7.5472	*	0.1309	**	0.1252	**	5.1457	ns	16.6339	**	12.2500	*
<b>ERROR</b>	7	1.5483		0.0082		0.0178		3.2657		1.4911		3.0000	
<b>C.V (%)</b>		19.78		3.97		9.72		10.72		1.27		1.7562	

  

F.V	gl	MCOB (%)		AR (%)		AT (%)		PRO (%)		MP (%)	
<b>BLOQUES</b>	1	443.2685	*	20.1499	ns	16.8278	ns	0.0364	ns	1.2818	ns
<b>LÍNEAS</b>	7	275.3358	*	12.4218	ns	7.9821	ns	0.1820	ns	97.0168	**
<b>ERROR</b>	7	60.2061		9.2675		7.9821		0.0547		9.6458	
<b>C.V (%)</b>		40.92		171.01		275.49		19.22		27.34	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; REND = Rendimiento; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; HUM = Porcentaje de humedad; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; MCOB = Mala cobertura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; PRO = Prolificidad; MP = Mazorcas podrida.

**Cuadro 4.2. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en las líneas en la localidad del Mezquite N.L. (2006).**

LÍNEA	REND (t ha <sup>-1</sup> )	AP (m)	AM (m)	HUM (%)	FM (d)	FF (d)
1006	10.780 a	2.700 a	1.740 a	18.350	96.00 abc	96.50
1003	6.641 a	2.275 bc	1.525 a	17.750	101.00 a	102.50
1004	6.009 ab	2.300 bc	1.295 ab	15.450	96.00 abc	99.00
1005	5.991 ab	2.350 ab	1.350 ab	14.050	96.50 ab	98.00
1002	5.971 ab	2.325 b	1.275 ab	16.800	91.00 c	95.50
1009	5.393 b	1.900 d	1.220 ab	16.700	96.50 ab	98.00
1001	5.223 b	2.425 ab	1.630 a	19.100	95.50 bc	97.50
1007	4.311 b	1.950 cd	0.955 b	16.600	99.00 ab	102.00
<b>Media</b>	<b>6.290</b>	<b>2.278</b>	<b>1.374</b>	<b>16.850</b>	<b>96.43</b>	<b>98.63</b>
<b>Tukey</b>	<b>5.117</b>	<b>0.372</b>	<b>0.549</b>	<b>7.431</b>	<b>5.021</b>	<b>7.122</b>
LÍNEA	MCOB (%)	AR (%)	AT (%)	PRO (%)	MP (%)	
1006	5.132 b	5.132	0.000	1.7921	10.197 bc	
1003	23.684 ab	5.263	5.263	1.1316	4.864 c	
1004	25.549 ab	3.846	0.000	1.3022	5.757 c	
1005	7.692 b	0.000	0.000	1.4712	19.091 ab	
1002	41.667 a	0.000	0.000	1.0667	5.441 c	
1009	20.714 ab	0.000	0.000	0.9214	23.661 a	
1001	15.074 ab	0.000	2.941	0.8768	13.942 abc	
1007	12.179 ab	0.000	0.000	1.1774	7.919 bc	
<b>Media</b>	<b>18.961</b>	<b>1.780</b>	<b>1.026</b>	<b>1.2174</b>	<b>11.359</b>	
<b>Tukey</b>	<b>31.907</b>	<b>12.518</b>	<b>11.618</b>	<b>0.961</b>	<b>12.771</b>	

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); REND = Rendimiento; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; HUM = Porcentaje de humedad; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; MCOB = Mala cobertura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; PRO = Prolificidad; MP = Mazorcas podridas.

## **Cruzas**

Se encontró diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre cruzas en las variables rendimiento (REND), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), floración masculina (FM), floración femenina (FF). Las variables humedad (HUM), mala cobertura (MCOB), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT), prolificidad (PRO) y mazorcas podridas (MP) no presentaron evidencia estadística de variación entre cruzas (Cuadro 4.3).

La comparación de medias de los caracteres agronómicos rendimiento (REND), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), floración masculina (FM), floración femenina (FF) y humedad (HUM) de las cruzas se presentan en el Cuadro 4.4. Observándose la gran variación entre genotipos (cruzas). Los genotipos 1003 x 1005, 1006 x 1007, 1003 x 1006 y 1001 x 1006 obtuvieron los mayores rendimientos, siendo el genotipo 1003 x 1005 el mejor con  $15.324 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en 26.70 % la media general y doblando el rendimiento de sus progenitores debido principalmente al fenómeno de heterosis. La craza 1009 x 1007 fue la de menor rendimiento con  $7.573 \text{ t ha}^{-1}$ .

La mayor altura de planta se presentó en los genotipos 1001 x 1003, 1005 x 1006 y 1001x1007, con 2.775, 2.740 y 2.775 m, respectivamente (Cuadro 4.4). El material 1001 x 1003 también presentó la mayor altura de mazorca. Tomando en cuenta estos valores, se puede observar que la diferencia entre el genotipo de mayor altura y el de menor es de 0.675 m y en la altura de mazorca es de 0.765 m, siendo estas diferencias muy marcadas entre los genotipos. Estos materiales

**Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas evaluadas en el experimento de las cruzas en la localidad del Mezquite, N.L. (2006).**

F.V	gl	REND (t ha <sup>-1</sup> )		AP (m)		AM (m)		HUM (%)		FM (d)		FF (d)	
<b>BLOQUES</b>	1	0.2763	ns	0.0276	ns	0.0000	ns	0.1752	ns	4.6875	ns	7.5208	ns
<b>CRUZAS</b>	23	7.4773	**	0.0706	**	0.0876	**	17.6312	ns	20.3469	**	21.7092	**
<b>ERROR</b>	23	2.0008		0.0078		0.0122		10.9665		4.2092		4.7382	
<b>C.V (%)</b>		12.59		3.55		7.48		18.78		2.21		2.33	

  

F.V	gl	MCOB (%)		AR (%)		AT (%)		PRO (%)		MP (%)	
<b>BLOQUES</b>	1	303.1411	ns	111.3472	ns	3.5666	ns	0.0000	ns	2.1460	ns
<b>CRUZAS</b>	23	283.7232	ns	42.5945	ns	7.6854	ns	0.0782	ns	16.6408	ns
<b>ERROR</b>	23	107.4617		32.7655		3.7373		0.0363		11.2080	
<b>C.V (%)</b>		35.86		179.52		177.31		13.43		86.05	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; REND = Rendimiento; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; HUM = Porcentaje de humedad; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; MCOB = Mala cobertura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; PRO = Prolificidad; MP = Mazorcas podridas.

presentan rendimientos por arriba de la media general y una floración masculina y femenina tardía en relación a su media general, este factor se puede atribuir a sus grandes acumulaciones de material vegetativo que se refleja en materiales muy altos (Cuadro 4.4).

En la variable días a floración masculina los materiales mas precoces son 1002 x 1005 y 1005 x 1004 con 86.50 y 88.0 días a la floración respectivamente, habiendo una diferencia de 10 días con los materiales mas tardíos (1003 x 1006, 1002 x 1006, 1001 x 1006). La misma tendencia se observa en la variable días a floración femenina habiendo 10 días de diferencia entre los materiales más precoces (1002 x 1005 y 1006 x 1009), y el más tardío (1003 x 1009). Al observar el comportamiento del genotipo 1002 x 1005 que presentó precocidad en floración masculina y femenina, es un material de porte bajo, con una productividad por debajo de la media general.

De acuerdo a las variables antes discutidas, se encontró que los genotipos que presentaron mayor rendimiento son los de un porte más alto, y más tardíos en relación a su inicio de su floración masculina y femenina; y los materiales más precoces y de menor porte fueron menos productivos.

En relación al porcentaje de humedad de los genotipos (cruzas), no existen diferencias significativas entre ellos, sin embargo, se puede observar un rango diferencial de humedad de 13 puntos porcentuales. Este factor se le atribuye a la

diferencia en precocidad que existe entre los materiales, ya que la siembra y cosecha de los materiales se realizó en la misma fecha.

La comparación de medias de las variables agronómicas, mala cobertura (MCOB), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT), prolificidad (PRO) y mazorcas podridas (MP) (Cuadro 4.5), presentaron diferencias numéricas, la primera en un rango 15.53 a 55.95 por ciento, la segunda de 0.00 a 12.879 por ciento, la tercera de 0.00 a 7.323 %, la cuarta de 1.00 a 1.78 por ciento y la quinta de 0.00 a 9.846 por ciento.

Se debe señalar que las cruzas que presentaron los mayores rendimientos tenían como uno de sus progenitores las líneas que presentaron mejor comportamiento agronómico (Cuadro 4.2). Por ejemplo las líneas 1006 y 1003 que fueron las de mayor rendimiento participaron como progenitores en las cruzas de mayor rendimiento (1003 x 1005, 1006 x 1007, 1003 x 1006 y 1001 x 1006).

En resumen se presentó diferencias estadísticas y numéricas muy marcadas en las variables agronómicas evaluadas en las líneas y las cruzas (Cuadro 4.2, 4.4 y 4.5), así también las cruzas presentaron un rendimiento superior al de las líneas progenitoras debido a un efecto heterótico positivo. Esto concuerda con los resultados encontrados por Estrada *et al.* (1996), en un estudio para determinar el efecto genotipo en el fenotipo y calidad de las semilla de cruzas simples ( $F_1$ ), donde las cruzas presentaron un rendimiento superior al de las líneas y con Crossa *et al.* (1990), en una evaluación de patrones heteróticos en razas

mexicanas de maíz, en donde en los Valles Altos las razas Cónico, Cónico Norteño y Chalqueño tuvieron rendimientos altos tanto en comportamiento per se como en cruzamientos.

**Cuadro 4.4. Comparación de medias de seis variables agronómicas evaluadas en las cruzas en la localidad del Mezquite N.L. (2006).**

CRUZAS	REND (t ha <sup>-1</sup> )	AP (m)	AM (m)	FM (d)	FF (d)	HUM (%)
1003x1005	15.324 a	2.500 abcdef	1.705 abc	95.50 abc	96.50 abcd	17.20
1006x1007	14.082 ab	2.650 abcd	1.465 abcde	95.00 abc	96.50 abcd	14.70
1003x1006	13.644 ab	2.685 abcd	1.785 ab	98.00 a	97.50 abc	22.15
1001x1006	13.371 ab	2.650 abcd	1.720 abc	96.50 ab	98.00 ab	21.00
1002x1006	13.101 abc	2.585 abcde	1.430 bcde	97.00 ab	97.50 abc	19.50
1001x1003	13.082 abc	2.775 a	1.905 a	96.00 abc	98.00 ab	17.60
1005x1006	12.832 abc	2.740 a	1.630 abcd	91.50 abcd	91.50 abcd	16.15
1001x1007	12.495 abc	2.775 a	1.670 abcd	95.00 abc	95.50 abcd	17.20
1001x1009	12.269 abc	2.575 abcd	1.475 abcde	91.00 abcd	91.50 abcd	20.50
1003x1007	11.417 abc	2.360 defg	1.365 bcde	94.00 abcd	94.50 abcd	15.20
1001x1002	11.072 abc	2.725 abc	1.695 abc	95.00 abc	96.50 abcd	19.30
1002x1007	11.023 abc	2.385 bcdefg	1.155 e	90.00 abcd	90.00 bcd	18.20
1002x1005	10.822 abc	2.375 cdefg	1.430 bcde	86.50 d	88.00 d	14.55
1005x1007	10.396 abc	2.415 abcdefg	1.395 bcde	90.50 abcd	91.50 abcd	14.85
1005x1001	10.287 abc	2.550 abcdef	1.685 abc	95.00 abc	95.00 abcd	18.00
1003x1009	10.217 abc	2.410 bcdefg	1.460 abcde	97.00 ab	99.00 a	21.25
1006x1009	10.161 abc	2.350 defg	1.465 abcde	90.00 abcd	89.00 cd	16.95
1004x1007	9.957 abc	2.260 efg	1.140 e	90.50 abcd	91.00 abcd	16.25
1005x1009	9.814 abc	2.275 efg	1.430 bcde	91.00 abcd	91.00 abcd	15.40
1001x1004	9.536 abc	2.560 abcde	1.400 bcde	91.50 abcd	92.50 abcd	13.10
1004x1006	9.256 bc	2.500 abcdef	1.295 cde	91.00 abcd	92.00 abcd	16.00
1005x1004	8.995 bc	2.410 bcdefg	1.315 cde	88.00 cd	90.50 abcd	15.85
1009x1002	8.838 bc	2.195 fg	1.230 de	89.00 bcd	90.00 bcd	16.10
1009x1007	7.573 c	2.100 g	1.165 e	91.00 abcd	92.50 abcd	26.15
<b>Media</b>	<b>11.232</b>	<b>2.492</b>	<b>1.475</b>	<b>92.73</b>	<b>93.56</b>	<b>17.63</b>
<b>Tukey</b>	<b>5.793</b>	<b>0.362</b>	<b>0.452</b>	<b>8.401</b>	<b>8.914</b>	<b>13.56</b>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); REND = Rendimiento; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; HUM = Porcentaje de humedad.

**Cuadro 4.5. Comparación de medias de cinco variables agronómicas evaluadas en las cruzas en la localidad del Mezquite N.L. (2006).**

CRUZAS	MCOB (%)	AR (%)	AT (%)	PRO (%)	MP (%)
1003x1005	24.29	9.643	0.000	1.7798	4.173
1006x1007	16.67	0.000	0.000	1.7222	2.857
1003x1006	21.10	0.000	0.000	1.6061	1.429
1001x1006	23.57	0.000	2.632	1.2929	0.000
1002x1006	27.69	7.895	0.000	1.4850	1.563
1001x1003	33.18	0.000	2.273	1.2182	9.846
1005x1006	20.10	2.941	0.000	1.5686	0.000
1001x1007	23.27	0.000	0.000	1.3745	1.786
1001x1009	28.14	0.000	0.000	1.2792	1.852
1003x1007	18.29	9.524	4.654	1.3074	9.375
1001x1002	44.31	9.216	0.000	1.2922	7.536
1002x1007	24.12	0.000	0.000	1.4912	3.667
1002x1005	32.58	0.000	0.000	1.4015	2.000
1005x1007	15.53	0.000	0.000	1.7447	1.471
1005x1001	17.42	12.879	7.323	1.4293	9.596
1003x1009	49.35	0.000	0.000	1.0000	4.654
1006x1009	34.87	0.000	0.000	1.4552	1.923
1004x1007	31.39	0.000	0.000	1.5556	5.115
1005x1009	27.78	6.667	0.000	1.6556	4.348
1001x1004	16.52	0.000	3.571	1.3259	4.348
1004x1006	19.35	5.263	0.000	1.3901	2.083
1005x1004	55.95	12.500	0.000	1.2902	4.257
1009x1002	55.83	0.000	2.381	1.0988	6.719
1009x1007	32.50	0.000	3.333	1.2875	2.778
<b>Media</b>	<b>28.91</b>	<b>3.19</b>	<b>1.09</b>	<b>1.4188</b>	<b>3.891</b>
<b>Tukey</b>	<b>42.451</b>	<b>23.441</b>	<b>7.917</b>	<b>0.7805</b>	<b>13.71</b>

Valores con la misma letra dentro de la cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); MCOB =Mala cobertura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; PRO = Prolificidad; MP = Mazorcas podridas.

## II. Laboratorio

### Líneas

Los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en el ensayo de germinación se presentan en el Cuadro 4.6. Se puede observar diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre bloques en las variables PC y GER; así mismo diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre líneas en las variables SSG y GER. Las demás variables no presentaron una respuesta significativa entre genotipos. Esto indica diferencias en la germinación de la semilla entre genotipos y la influencia del ambiente dentro de las líneas.

En la comparación de medias (Cuadro 4.7), se observa que en la variable PC, numéricamente las líneas fueron diferentes, siendo la línea 1003 la que presentó el mayor porcentaje de plántulas normales (49.33 por ciento), estando por arriba de la media general en 35.13 puntos porcentuales. En la variable por ciento de germinación las líneas 1004, 1006 y 1005 presentaron los valores más altos de plántulas normales siendo superiores a las demás líneas. De acuerdo a la comparación de medias la línea 1009 fue la que presentó el menor porcentaje de germinación con 64 por ciento. En la variable PA las líneas no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, numéricamente la línea 1007 presentó el mayor porcentaje con 12 por ciento. En la variable SSG la línea 1009 fue estadísticamente superior a las demás líneas presentando un 28 por ciento de semillas sin germinar. En lo que respecta a la variable LMP que se considera un

indicativo de vigor se tuvo una variación numérica de 13.21 a 9.53 cm, siendo la línea 1004 la de mayor longitud.

La variable LMR no mostró diferencia estadística entre líneas, sin embargo numéricamente se presentó una variación de 14.50 a 19.01 cm, siendo la línea 1007 la que sobresalió; en lo que respecta a la variable PST la línea 1006 presentó el mayor peso (41.37 mg) siendo numéricamente superior a las demás líneas.

**Cuadro 4.6. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

<b>F.V</b>	<b>gl</b>	<b>PC (%)</b>	<b>GER (%)</b>	<b>PA (%)</b>	<b>SSG (%)</b>	<b>LMP (cm)</b>	<b>LMR (cm)</b>	<b>PST (mg)</b>							
<b>BLOQUES</b>	2	1333.27	*	202.699	*	35.293	ns	109.221	ns	8.743	ns	3.846	ns	24.535	ns
<b>LÍNEAS</b>	7	470.61	ns	294.975	**	33.145	ns	227.546	**	4.578	ns	9.034	ns	155.964	ns
<b>ERROR</b>	11	313.71		50.418		50.068		29.839		2.395		1.990		50.703	
<b>C.V (%)</b>		55.35		8.23		103.19		79.66		13.47		8.11		22.51	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; PC = Primer conteo; GER =Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; PSPT= Peso seco total.

**Cuadro 4.7. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

LÍNEAS	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PST (mg)
1003	49.33	88.00 a	5.33	6.67 b	12.88	18.79	37.57
1005	40.00	92.00 a	6.00	2.00 b	12.30	16.57	37.20
1004	38.67	97.33 a	1.33	1.33 b	13.21	14.50	25.90
1006	37.33	93.33 a	4.00	2.67 b	11.52	18.98	41.37
1007	33.33	85.33 ab	12.00	2.67 b	9.53	19.01	31.70
1009	22.67	64.00 b	8.00	28.00 a	11.37	16.96	20.10
1002	14.00	84.00 ab	10.00	6.00 b	10.37	15.12	24.25
1001	10.00	88.00 a	10.00	2.00 b	10.33	18.54	35.80
<b>Media</b>	<b>32.00</b>	<b>86.29</b>	<b>6.86</b>	<b>6.86</b>	<b>11.49</b>	<b>17.39</b>	<b>31.64</b>
<b>Tukey</b>	<b>68.91</b>	<b>27.30</b>	<b>21.96</b>	<b>20.60</b>	<b>5.83</b>	<b>4.79</b>	<b>21.70</b>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); PC = Primer conteo; GER = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; PST = Peso seco total.

## Cruzas

Los cuadrados medios para las variables evaluadas en el ensayo de germinación se presentan en el Cuadro 4.8. Se observan diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre bloques en la variable PC, LMP y ( $P \leq 0.05$ ) en la variable PST; también se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre cruzas en las variables GER, SSG, LMR y PST, y ( $P \leq 0.05$ ) en la variable PC, mientras que las variables PA y LMP no presentaron diferencias estadísticas entre cruzas. Esto indica influencia del ambiente, diferencias en la capacidad para germinar de la semilla y diferencias en el vigor de las plántulas.

**Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

F.V	gl	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PST (mg)							
<b>BLOQUES</b>	2	1695.138	**	162.490	ns	164.955	ns	0.021	ns	54.880	**	0.478	ns	296.951	*
<b>CRUZAS</b>	23	574.825	*	320.065	**	207.840	ns	50.513	**	2.892	ns	6.833	**	373.093	**
<b>ERROR</b>	36	256.306		120.006		138.406		13.657		2.944		2.627		74.735	
<b>C.V (%)</b>		59.73		12.31		175.04		86.41		14.45		9.17		24.68	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; PC = Primer conteo; GER = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; PST = Peso seco total.

De acuerdo a la comparación de medias (Cuadro 4.9) la variable PC presentó diferencias estadísticas entre cruzas (Tukey  $\alpha = 0.1 \%$ ), donde la cruza 1002 x 1007 tuvo el porcentaje más alto de plántulas normales (58.67 por ciento), siendo superior a la media general en 45.68 puntos porcentuales. Hay que tener en cuenta PC es un indicativo de vigor. En la variable por ciento de germinación se presentó una diferencia estadística entre las cruzas siendo los genotipos 1006 x 1007, 1003 x 1005, 1004 x 1007, 1006 x 1009, 1001 x 1007, 1001 x 1006, 1005 x 1004, 1001 x 1009, 1002 x 1005, 1001 x 1003, 1002 x 1006, 1003 x 1007, 1001 x 1004, 1003 x 1009, 1009 x 1002, 1001 x 1002, 1005 x 1001 y 1004 x 1006 superiores estadísticamente, donde las cruzas 1006 x 1007 y 1003 x 1005 presentaron el porcentaje más alto de germinación (97.33 por ciento). La cruza 1009 x 1007 presentó el menor porcentaje de germinación con 47.06 por ciento.

De acuerdo a la comparación de medias, la cruza 1009 x 1007 numéricamente presentó el mayor porcentaje de plántulas anormales (32.35 por ciento), mientras que los menores porcentajes se presentaron en las cruzas 1001 x 1009, 1002 x 1005 y 1003 x 1005, con 0.00 por ciento. La cruza 1009 x 1007 presentó también el mayor porcentaje de SSG, siendo estadísticamente superior a las demás cruzas, mientras que las cruzas, 1003 x 1005, 1004 x 1007, 1002 x 1006, 1001 x 1003, 1003 x 1006, 1004 x 1006, 1006 x 1009, 1003 x 1007, 1001 x 1007, 1006 x 1007 y 1001 x 1004 obtuvieron el menor porcentaje de SSG. Para la variable longitud media de plúmula en la comparación de medias no se encontró diferencias estadísticas entre cruzas, sin embargo, numéricamente la cruza 1001

x 1004 presentó la mayor longitud (15.26 cm) y la cruce 1009 x 1007 presentó el menor valor (9.41 cm).

De acuerdo a la comparación de medias, la variable LMR mostró diferencias estadísticas entre genotipos, siendo la cruce 1001 x 1007 la de mayor longitud con 21.21 cm y estadísticamente superior a las demás. La cruce 1004 x 1006 presentó la menor LMR con 14.64 cm, habiendo una variación de 6.57 cm entre la mayor y menor longitud. La variable PST también mostró diferencias estadísticas entre genotipos donde la cruce 1001 x 1004 acumuló la mayor cantidad de materia seca (77.30 mg) siendo superior estadísticamente a las demás y la cruce 1009 x 1007 acumuló la menor cantidad de materia seca (16.10 mg). En resumen dentro de las cruces (Cuadro 4.9) los materiales 1001 x 1007, 1001 x 1004, 1001 x 1009 y 1005 x 1004 presentaron los mejores comportamientos en cada una de las variables en el ensayo de germinación, mientras que la cruce 1009 x 1007 presentó en suma la menor calidad.

Al comparar los resultados obtenidos de las líneas y sus progenies (Cuadro 4.7 y 4.9) se observó diferencias entre genotipos en cada una de las variables evaluadas, así como la superioridad de las cruces sobre sus progenitores, estos resultados corroboran lo señalado por Dogra *et al.* (1997), quien menciona que en maíz la heterosis puede ser observada en las primeras etapas de desarrollo, por ejemplo, la emergencia de plántulas, la tasa de aparición foliar y elongación del tallo.

**Cuadro 4.9. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

<b>CRUZAS</b>	<b>PC<sup>+</sup></b> <b>(%)</b>	<b>GER</b> <b>(%)</b>	<b>PA</b> <b>(%)</b>	<b>SSG</b> <b>(%)</b>	<b>LMP</b> <b>(cm)</b>	<b>LMR</b> <b>(cm)</b>	<b>PST</b> <b>(mg)</b>
1002x1007	58.67 a	64.00 ab	32.00	4.00 bc	11.78	18.46 abc	20.37 cd
1001x1002	53.33 ab	90.67 a	2.67	6.67 bc	11.82	17.41 abc	37.30 bcd
1002x1006	49.33 ab	93.33 a	4.00	2.67 c	12.22	17.19 abc	35.40 bcd
1001x1007	40.00 ab	96.00 a	4.00	0.00 c	13.50	21.21 a	50.00 abc
1001x1004	38.00 ab	92.00 a	8.00	0.00 c	15.26	17.66 abc	77.30 a
1001x1009	36.00 ab	94.67 a	0.00	5.33 bc	12.70	19.51 abc	59.57 ab
1002x1005	36.00 ab	94.00 a	0.00	6.00 bc	12.37	18.93 abc	43.60 bcd
1001x1006	34.67 ab	94.67 a	1.33	4.00 bc	12.94	20.50 ab	41.43 bcd
1006x1009	29.33 ab	96.00 a	2.67	1.33 c	12.14	18.34 abc	36.80 bcd
1005x1004	28.00 ab	94.67 a	1.33	4.00 bc	11.88	16.87 abc	37.13 bcd
1003x1006	26.67 ab	77.33 ab	21.33	1.33 c	10.81	16.08 abc	18.53 d
1003x1009	25.33 ab	92.00 a	4.00	4.00 bc	12.70	18.54 abc	33.63 bcd
1005x1009	24.00 ab	82.00 ab	6.00	12.00 abc	10.43	15.29 bc	25.80 cd
1005x1007	24.00 ab	76.00 ab	8.00	16.00 ab	10.11	17.34 abc	19.30 cd
1004x1007	22.67 ab	96.00 a	1.33	2.67 c	11.58	16.46 abc	33.33 bcd
1001x1003	18.00 ab	94.00 a	4.00	2.00 c	10.50	17.86 abc	38.80 bcd
1003x1005	17.33 ab	97.33 a	0.00	2.67 c	12.69	17.27 abc	34.43 bcd
1003x1007	17.33 ab	93.33 a	5.33	1.33 c	12.05	19.14 abc	32.33 bcd
1005x1006	14.00 ab	84.00 ab	4.00	12.00 abc	11.32	16.06 abc	24.50 cd
1009x1002	13.33 ab	92.00 a	4.00	4.00 bc	11.83	15.59 abc	29.80 bcd
1005x1001	8.00 ab	90.00 a	6.00	4.00 bc	10.77	16.37 abc	34.40 bcd
1006x1007	8.00 ab	97.33 a	2.67	0.00 c	10.59	18.95 abc	34.50 bcd
1004x1006	5.33 b	88.00 a	10.67	1.33 c	11.93	14.64 c	25.80 cd
1009x1007	2.94 b	47.06 b	32.35	20.59 a	9.41	18.51 abc	16.10 d
<b>Media</b>	<b>26.80</b>	<b>89.00</b>	<b>6.72</b>	<b>4.28</b>	<b>11.87</b>	<b>17.68</b>	<b>35.02</b>
<b>Tukey</b>	<b>65.08</b>	<b>39.49</b>	<b>42.23</b>	<b>12.85</b>	<b>8.51</b>	<b>5.66</b>	<b>33.20</b>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); PC = Primer conteo; GER = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; PST = Peso seco total. <sup>+</sup> = Tukey  $\alpha = 0.1$  %.

### III. Invernadero

#### Líneas

En el Cuadro 4.10, se presentan los cuadrados medios de las variables Índice de velocidad de emergencia (VEM), Emergencia total (ET), Peso seco de plúmula (PSPL), Peso seco de radícula (PSRAD), Longitud media de plúmula (LMP) y Longitud media de radícula (LMR). Se encontró diferencias estadísticas ( $P \leq 0.01$ ) entre bloques en las variables LMP y LMR; entre líneas en las variables VEM, ET y LMR; y diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las variables PSRAD y LMP, lo cual indica diferencias en la calidad fisiológica de la semilla entre los genotipos evaluados bajo condiciones de invernadero.

**Cuadro 4.10. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original).**

F.V	gl	VEM		ET (%)		PSPL (mg/pl)		PSRAD (mg/pl)		LMP (cm)		LMR (cm)	
<b>BLOQUES</b>	2	0.1311	ns	126.00	ns	2676.46	ns	26834.25	ns	6.3259	**	5.4284	**
<b>LÍNEAS</b>	7	0.7780	**	511.90	**	946.49	ns	50464.91	*	2.3242	*	7.8697	**
<b>ERROR</b>	14	0.1762		87.900		826.02		12407.31		0.5757		0.6450	
<b>C.V (%)</b>		13.74		11.23		75.85		28.75		8.88		5.66	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; VEM = Velocidad de emergencia, ET = Emergencia total, PSPL = Peso seco de plúmula, PSRAD = Peso seco de radícula, LMP = Longitud media de plúmula, LMR = Longitud media de radícula.

En el Cuadro 4.11 se presentan las medias de los atributos fisiológicos evaluados. De acuerdo a la comparación de medias en la variable VEM las líneas 1004, 1001, 1006 que obtuvieron 3.7425, 3.2368 y 3.2144 respectivamente, son estadísticamente superiores a la línea 1009. En la variable Emergencia total las líneas 1004, 1005, 1006, 1001 y 1007 son estadísticamente superiores a la línea 1009 presentando los mayores porcentajes de emergencia total (ET). La línea 1009 obtuvo el menor porcentaje de emergencia total, mostrando igual comportamiento en otras variables evaluadas.

En la variable PSPL no se encontró diferencias estadísticas entre genotipos, sin embargo se puede observar que el mayor peso seco lo obtuvo la línea 1004 con 65.07 mg / plántula y el menor en la línea 1007 con 16.80 mg / plántula. En la variable PSRAD se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos, donde la línea 1006 mostró la mayor acumulación de materia seca en la raíz (585.67 mg / plántula) siendo estadísticamente superior a las demás. La línea 1007 presentó el menor peso seco (170.00 mg / plántula).

La variable longitud media de plúmula (LMP) que se considera un indicativo de vigor mostró diferencias significativas entre genotipos, donde la línea 1002 presentó la mayor longitud de plúmula (9.47 cm) siendo superior a la línea 1007 en 2.6466 cm. Para la variable longitud media de radícula (LMR) se encontró diferencias estadísticas entre genotipos, en donde la línea 1001 presentó la mayor longitud de radícula (17.15 cm) siendo estadísticamente superior a las demás. La línea 1009 presentó la menor longitud de radícula (12.23 cm).

**Cuadro 4.11. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla Original)(2006).**

LÍNEAS	VEM		ET (%)		PSPL (mg/pl)	PSRAD (mg/pl)		LMP (cm)		LMR (cm)	
<b>1004</b>	3.7425	a	98.67	a	65.07	455.40	ab	8.847	ab	13.967	bc
<b>1001</b>	3.2368	a	86.67	a	42.80	491.60	a	9.233	a	17.153	a
<b>1006</b>	3.2144	a	90.67	a	35.73	586.67	a	9.240	a	16.113	ab
<b>1005</b>	3.1458	ab	90.67	a	27.60	279.20	ab	8.533	ab	13.187	c
<b>1002</b>	3.0349	ab	81.33	ab	62.60	384.47	ab	9.473	a	13.507	c
<b>1003</b>	2.8591	ab	80.00	ab	28.47	403.80	ab	8.420	ab	13.827	bc
<b>1007</b>	2.8488	ab	85.33	a	16.80	170.40	b	6.827	b	13.580	c
<b>1009</b>	1.9526	b	54.67	b	24.07	328.33	ab	7.807	ab	12.227	c
<b>Media</b>	<b>3.0044</b>		<b>83.50</b>		<b>37.89</b>	<b>387.48</b>		<b>8.547</b>		<b>14.195</b>	
<b>Tukey</b>	<b>1.1677</b>		<b>27.21</b>		<b>91.91</b>	<b>336.98</b>		<b>3.1515</b>		<b>3.2163</b>	

Valores con la misma letra dentro de la cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); VEM = Velocidad de emergencia, ET = Emergencia total, PSPL = Peso seco de plúmula, PSRAD = Peso seco de radícula, LMP = Longitud media de plúmula, LMR = Longitud media de radícula.

### Cruzas

Los cuadrados medios para las variables evaluadas en invernadero se presentan en el Cuadro 4.12. Se observa diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre bloques en las variables PSRAD y LMP; también se presentó diferencias estadísticas ( $P \leq 0.01$ ) entre cruzas en las variables VEM, ET, PSPL y LMP lo cual nos indica diferencia en la acumulación de materia seca, porcentaje de emergencia y velocidad de emergencia entre las cruzas y por lo tanto en el vigor de la semilla. En las variables PSRAD y LMR se presentó un comportamiento similar entre las cruzas.

**Cuadro 4.12. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original)(2006).**

F.V	gl	VEM		ET (%)		PSPL (mg)		PSRAD (mg)		LMP (cm)		LMR (cm)	
<b>BLOQUES</b>	2	0.1989	ns	1.62	ns	34.681	ns	163621.19	**	15.360	**	0.1145	ns
<b>CRUZAS</b>	22	0.5384	**	246.94	**	139.721	**	40736.94	ns	1.617	**	3.3324	ns
<b>ERROR</b>	44	0.0953		33.62		37.509		23983.71		0.518		1.8634	
<b>C.V (%)</b>		8.95		6.40		16.92		28.94		7.50		8.87	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; VEM = Velocidad de emergencia, ET = Emergencia total, PSPL = Peso seco de plúmula, PSRAD = Peso seco de radícula, LMP = Longitud media de plúmula, LMR = Longitud media de radícula.

De acuerdo a la comparación de medias para la variable VEM (Cuadro 4.13), la craza 1004 x 1007 (4.15) es la que obtuvo el mejor comportamiento, seguido por las cruzas 1001 x 1003 y 1003 x 1005. Las cruzas 1005 x 1009 y 1005 x 1006 fueron inferiores a la mayoría de las cruzas. Ávila (2006) encontró diferencias significativas entre genotipos de maíces criollos mejorados en la variable índice de velocidad de emergencia.

En la variable emergencia total (ET), los valores más altos se presentaron en las cruzas 1003 x 1007, 1006 x 1007, 1003 x 1009, 1003 x 1005, 1002 x 1006, 1004 x 1007 y 1001 x 1009. Por otra parte, los menores porcentajes de emergencia se presentaron en las cruzas 1005 x 1006 y 1005 x 1009. La diferencia entre el mayor porcentaje de emergencia y la media general fue de 9.51 puntos porcentuales (Cuadro 4.13). Esto se debe principalmente a la variabilidad entre genotipos y progenitores que repercute en la calidad fisiológica de la semilla.

Por otra parte, en la variable peso seco de plúmula (PSPL) las cruzas 1001 x 1003 y 1001 x 1004 presentaron la mayor acumulación de materia seca en la plúmula por plántula. El menor productor de materia seca en la plúmula por plántula fueron las cruzas 1003 x 1006 y 1005 x 1007 con 23.8 y 23.6 mg / plántula, respectivamente. Las variables PSRAD, LMP y LMR mostraron diferencias numéricas, la primera en un rango de 390.5 a 823.8 mg / plántula, la segunda de 8.813 a 11.20 cm y la tercera de 13.2 a 17.3 cm.

En general hubo diferencias entre genotipos en cada una de las variables fisiológicas evaluadas en invernadero tanto en líneas como en cruzas. En los Cuadros 4.11 y 4.13 se observan las diferencias antes citadas y la superioridad de las cruzas sobre sus progenitores lo cual indica un vigor híbrido de plántula en promedio. Estos resultados corroboran lo encontrado por Hernández *et al* (1998) al utilizar la prueba de emergencia de plántula en microtúnel, detectó diferencias significativas entre genotipos de maíz y concuerda con lo mencionado por Perry (1983), quien señala que el vigor puede ser alterado por la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta madre y por el tipo de progenitores tanto masculino como femenino.

**Cuadro 4.13. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en invernadero de las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

CRUZAS	VEM	ET (%)	PSPL (mg)	PSRAD (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
1004x1007	4.1484 a	97.33 a	33.47 abc	640.5	9.527 abcd	14.980
1001x1003	4.0278 ab	94.67 ab	50.33 a	661.7	10.887 ab	16.273
1003x1005	4.0041 abc	98.67 a	42.00 abc	546.1	11.120 a	16.173
1003x1009	3.9604 abc	98.67 a	38.73 abc	540.9	9.673 abcd	15.387
1003x1007	3.9599 abc	100.00 a	37.73 abc	490.9	9.900 abcd	15.787
1001x1009	3.8504 abc	97.33 a	45.40 ab	758.6	9.973 abcd	15.660
1001x1007	3.7024 abcd	96.00 ab	35.27 abc	406.8	8.980 abcd	15.667
1002x1006	3.6649 abcd	98.67 a	32.07 abc	580.7	10.087 abcd	17.300
1003x1006	3.5212 abcd	94.67 ab	23.80 c	365.7	8.813 bcd	15.640
1002x1007	3.4541 abcde	86.67 ab	28.67 bc	523.3	9.740 abcd	16.767
1001x1006	3.4467 abcde	89.33 ab	36.40 abc	546.6	9.487 abcd	15.500
1006x1007	3.4172 abcde	98.67 a	33.13 abc	346.1	8.100 d	15.587
1006x1009	3.3519 abcde	89.33 ab	27.67 bc	532.4	9.167 abcd	13.487
1001x1002	3.3385 abcde	90.67 ab	33.73 abc	429.8	8.973 abcd	14.880
1009x1002	3.3202 abcde	88.00 ab	41.07 abc	524.2	10.213 abcd	14.940
1005x1004	3.2583 abcde	96.00 ab	34.13 abc	538.9	9.000 abcd	15.053
1002x1005	3.2306 abcde	88.00 ab	38.27 abc	619.7	10.013 abcd	13.200
1005x1001	3.1328 bcde	90.67 ab	35.40 abc	548.6	9.233 abcd	14.067
1005x1007	3.1197 bcde	88.00 ab	23.60 c	390.5	8.443 cd	16.170
1004x1006	3.0475 cde	86.67 ab	34.93 abc	419.6	9.427 abcd	13.367
1001x1004	3.0347 cde	78.67 bc	49.07 a	823.8	10.653 abc	16.547
1005x1006	2.7974 de	68.00 c	39.20 abc	543.3	9.647 abcd	15.533
1005x1009	2.4860 e	66.67 c	38.60 abc	528.7	9.753 abcd	15.720
<b>Media</b>	<b>3.45</b>	<b>90.49</b>	<b>36.20</b>	<b>535.1</b>	<b>9.600</b>	<b>15.38</b>
<b>Tukey</b>	<b>0.99</b>	<b>17.80</b>	<b>19.17</b>	<b>543.41</b>	<b>3.38</b>	<b>4.19</b>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$  %); VEM = Velocidad de emergencia, ET = Emergencia total, PSPL = Peso seco de plúmula, PSRAD = Peso seco de radícula, LMP = Longitud media de plúmula, LMR = Longitud media de radícula.

### **Correlaciones entre Variables**

En las líneas (Cuadro 4.14), el rendimiento correlacionó positiva y significativamente con la altura de planta y la prolificidad; la emergencia total presentó correlación positiva y significativa con el índice de velocidad de emergencia en invernadero. También se observó una correlación positiva y significativa entre las longitudes medias de plúmula y radícula con respecto a la altura de planta, así mismo la germinación en laboratorio correlacionó positivamente con el índice de velocidad de emergencia y la emergencia total en invernadero. Se presentaron correlaciones entre los atributos de calidad fisiológica y de comportamiento agronómico (campo).

En las cruzas (Cuadro 4.15), el rendimiento correlacionó positiva y significativamente con AP, FM, PRO y LMR en invernadero. La variable emergencia total presentó correlación positiva y significativa con ET, y LMRL. La variable por ciento de germinación correlacionó positivamente con ET, LMPL, PSTL y negativamente con la humedad. También se presentó una correlación positiva entre la variable PC y LMPL. En lo que respecta a la asociación entre los atributos de calidad fisiológica y de comportamiento agronómico, se presentó correlación positiva (REND y LMRI) y negativa entre PSP en invernadero y FM y AP en campo. Se observó también una correlación negativa entre HUM en campo y GER.

**Cuadro 4. 14. Correlación de las variables evaluadas en las líneas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

	AP	HUM	FM	PRO	REND	IVE	ET	LMPI	LMRI	PSPI	PSRAD	PC	GER	LMPL	LMRL	PSTL
<b>AP</b>		0.3012 ns	-0.2829 ns	0.6122 ns	0.7712 *	0.6576 ns	0.6219 ns	0.8166 *	0.7177 *	-0.1557 ns	-0.203 ns	0.0786 ns	0.6921 ns	0.2497 ns	0.0737 ns	0.6637 ns
<b>HUM</b>			0.0432 ns	-0.221 ns	0.2991 ns	-0.092 ns	-0.1541 ns	0.2614 ns	0.7054 ns	0.1187 ns	-0.328 ns	-0.361 ns	-0.104 ns	-0.37 ns	0.6099 ns	0.2813 ns
<b>FM</b>				0.0582 ns	-0.068 ns	-0.186 ns	-0.0515 ns	-0.627 ns	-0.098 ns	0.6674 ns	0.1289 ns	0.7058 ns	0.0356 ns	0.2921 ns	0.6127 ns	0.4028 ns
<b>PRO</b>					0.7817 *	0.433 ns	0.5523 ns	0.1859 ns	0.1645 ns	0.1815 ns	0.1909 ns	0.5893 ns	0.5954 ns	0.3414 ns	0.093 ns	0.5719 ns
<b>REND</b>						0.2363 ns	0.2483 ns	0.5036 ns	0.4039 ns	0.0438 ns	-0.29 ns	0.3252 ns	0.3514 ns	0.3112 ns	0.2186 ns	0.5248 ns
<b>IVE</b>							0.9649 **	0.5155 ns	0.5158 ns	-0.3717 ns	-0.01 ns	0.1757 ns	0.9483 **	0.2907 ns	-0.2672 ns	0.3941 ns
<b>ET</b>								0.3506 ns	0.4783 ns	-0.174 ns	0.1995 ns	0.3002 ns	0.9801 **	0.2251 ns	-0.1164 ns	0.5272 ns
<b>LMPI</b>									0.5241 ns	-0.5827 ns	-0.523 ns	-0.281 ns	0.4037 ns	0.2489 ns	-0.3345 ns	0.1859 ns
<b>LMRI</b>										0.1127 ns	-0.026 ns	-0.263 ns	0.4869 ns	-0.189 ns	0.4325 ns	0.6107 ns
<b>PSPI</b>											0.6041 ns	0.283 ns	-0.159 ns	-0.194 ns	0.8116 ns	0.5231 ns
<b>PSRAD</b>												-0.012 ns	0.0835 ns	-0.513 ns	0.3088 ns	0.264 ns
<b>PC</b>													0.4115 ns	0.6835 ns	0.1605 ns	0.4289 ns
<b>GER</b>														0.3485 ns	-0.0597 ns	0.6155 ns
<b>LMPL</b>															-0.3395 ns	0.1195 ns
<b>LMRL</b>																0.6563 ns
<b>PSTL</b>																

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; AP = Altura de planta; HUM = Humedad; FM = Floración masculina; PRO = Prolificidad; REND = Rendimiento; IVE= Velocidad de emergencia; ET = Emergencia total, LMP = Longitud media de plúmula en invernadero; LMR = Longitud media de radícula en invernadero, PSP = Pesos seco de plúmula en invernadero; PC = Primer conteo; GER = Germinación; LMPL = Longitud media de plúmula en laboratorio; LMRL = Longitud media de radícula en laboratorio; PSTL= Peso seco total en laboratorio.

**Cuadro 4. 15. Correlación de las variables evaluadas en las cruzas procedentes de Derramadero Coah. (Semilla original) (2006).**

	AP	HUM	FM	PRO	REND	IVE	ET	LMPI	LMRI	PSPi	PSRAD	PC	GER	LMPL	LMRL	PSTL
<b>AP</b>		-0.028 ns	0.5952 **	0.0949 ns	0.7037 **	0.0257 ns	0.0783 ns	-0.1162 ns	0.2482 ns	-0.4859 *	0.1687 ns	0.2532 ns	0.3824 ns	0.238 ns	0.2171 ns	0.3264 ns
<b>HUM</b>			0.4125 *	-0.299 ns	0.0246 ns	0.3825 ns	0.3561 ns	-0.051 ns	0.1433 ns	-0.3179 ns	-0.16065 ns	0.0289 ns	-0.5469 **	-0.2627 ns	0.2113 ns	-0.2923 ns
<b>FM</b>				0.0102 ns	0.6321 **	0.3938 ns	0.3844 ns	-0.0171 ns	0.4095 ns	-0.499 *	0.20238 ns	0.0318 ns	0.1492 ns	0.0269 ns	0.1893 ns	-0.0101 ns
<b>PRO</b>					0.4151 *	-0.248 ns	-0.188 ns	-0.2619 ns	0.1701 ns	0.39873 ns	-0.00315 ns	-0.082 ns	-0.0308 ns	-0.3042 ns	-0.227 ns	-0.3028 ns
<b>REND</b>						0.3399 ns	0.305 ns	0.0937 ns	0.43 *	-0.3874 ns	0.23351 ns	0.1622 ns	0.3721 ns	0.117 ns	0.2997 ns	0.0935 ns
<b>IVE</b>							0.8754 **	0.2483 ns	0.2237 ns	-0.3568 ns	-0.00551 ns	0.115 ns	0.3733 ns	0.1808 ns	0.4475 *	0.1544 ns
<b>ET</b>								-0.0767 ns	0.0709 ns	-0.3807 ns	0.09857 ns	0.0407 ns	0.4448 *	0.0796 ns	0.4199 *	0.0854 ns
<b>LMPI</b>									0.2584 ns	-0.1838 ns	-0.07023 ns	0.0492 ns	0.1134 ns	0.4059 ns	-0.07 ns	0.3476 ns
<b>LMRI</b>										-0.0607 ns	0.02025 ns	0.3489 ns	-0.2397 ns	0.0827 ns	0.1725 ns	0.067 ns
<b>PSPi</b>											-0.16598 ns	0.0252 ns	-0.3569 ns	-0.2899 ns	-0.426 *	-0.3725 ns
<b>PSRAD</b>												-0.3295 ns	0.1229 ns	-0.0111 ns	-0.011 ns	-0.0846 ns
<b>PC</b>													0.0842 ns	0.4815 *	0.357 ns	0.3437 ns
<b>GER</b>														0.4927 *	0.1126 ns	0.5483 **
<b>LMPL</b>															0.3423 ns	0.799 **
<b>LMRL</b>																0.4077 *
<b>PSTL</b>																

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; AP = Altura de planta; HUM = Humedad; FM = Floración masculina; PRO = Prolificidad; REND = Rendimiento; IVE= Velocidad de emergencia; ET = Emergencia total, LMP = Longitud media de plúmula en invernadero; LMR = Longitud media de radícula en invernadero, PSP = Pesos seco de plúmula en invernadero; PC = Primer conteo; GER = Germinación; LMP = Longitud media de plúmula en laboratorio; LMRL = Longitud media de radícula en laboratorio; PSTL = Peso seco total en laboratorio.

## CONCLUSIONES

Considerando los objetivos y relacionándolos con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir:

Desde el punto de vista agronómico en las cruzas el rendimiento se incrementó en un 43.99 por ciento en promedio respecto a sus progenitores.

Dentro de los progenitores la línea 1006 obtuvo el rendimiento mas alto con 10.78 t ha<sup>-1</sup>. La crusa 1003 x 1005 fue la progenie con el mayor rendimiento (15.324 t ha<sup>-1</sup>).

En cuanto a la calidad fisiológica en laboratorio se presentó diferencias entre genotipos en las líneas y sus progenies; así mismo las semillas originadas de cruzas entre líneas fue de mejor calidad que sus progenitores como consecuencia principal de un efecto heterótico, observada en las primeras etapas de desarrollo.

Se presentó diferencias entre progenitores y entre progenies en la calidad fisiológica en invernadero. También superioridad de las cruzas sobre sus progenitores lo cual indica un vigor híbrido de plántula. Esto se debe principalmente a la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta madre y por el tipo de progenitores tanto masculino como femenino.

En las líneas se observó correlación positiva entre la variable altura de planta (atributo agronómico) y la longitud media de plúmula y raíz en invernadero (atributos de calidad fisiológica) en las líneas. En las cruzas se presentó correlación positiva entre REND en campo y LMR en invernadero y negativa entre PSP en invernadero y FM y AP en campo. Se observó también una correlación negativa entre HUM en campo y GER en laboratorio.

## LITERATURA CITADA

- Allard, R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Primera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. pp. 13, 65-70.
- Ávila U., G. 2006. Estrategias para la producción de semilla de maíz criollo mejorado. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. México. 47 p.
- Brauer, H. O. 1985. Fitogenética aplicada. Séptima reimpresión. Editorial Limusa. Mexico. pp. 19-20.
- Copeland, L. O. and M. B. Mc Donald. 1985. Principles of seed and technology. 2<sup>a</sup> Ed. MacMillan Publishing Company. United States of America. 321 p.
- Creech, R. G. 1985. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize. Genetics 52: 1170-1175.
- Crossa J., S. Taba and E.J. Wellhausen. 1990. Heterotic patterns among Mexican races of maize. Crop Science 30: 1182-1190.
- Cubero, J. L. 1999. Introducción a la mejora genética vegetal. Editorial Mundi-Prensa. España. pp. 27-31.
- Droga, A., J. A. Birchler, and E. H. Coe. 1997. Gene dosage and heterosis. In : CIMMYT. Book of abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops; An international symposium. México, D. F. , México. p. 34.

- EL FINANCIERO. México D.F. Lunes 12 de febrero del 2007. Año XXVI. N° 7253. Pág. 33. La Bioenergía y la crisis de la tortilla. Consultor Privado León Opalia.
- Estrada, G. J., A. Hernández L., F. Hernández O., A. Carballo C. y F. V. González. 1996. Tipos de endospermo en maíz y su relación con la calidad de semilla. Revista Fitotecnia Mexicana. Volumen 22. 99-109. México. pp. 100-108.
- Garay, E. A. 1989. La calidad de las semillas y sus componentes. In: Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores. CIAT, Cali, Colombia. pp. 2-11.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de KÖPPEN (para adaptarlas a las condiciones de la república mexicana). Cuarta edición. México D. F. pp. 87-88.
- Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbred. Maydica 35: 1-16.
- Hernández C., J.M. 1999. La diversidad del maíz mexicano y su conservación. En. 2do. Taller Nacional de Especialistas del Maíz. Dr. Mario W. Castro Gil. Del 9 al 10 de septiembre de 1999. U.A.A.A.N. (ed) Saltillo, Coahuila México. pp. 1-15.
- Hernández G., J. A. (1998). Estudio metodológico para estimar índices de vigor en maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Post-graduados, Montecillo, México. 118 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, CH-Switzerland. Seed Sci. Technology... 21. Supplement.
- Luna, O. M. 1994. Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla en híbridos trilineales de maíz (*zea mays* L.). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. 71 p.

- Maguirre, J. D. 1961. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- Márquez S., F. 1988. *Genotecnia Vegetal. Métodos-Teoría- Resultados. Tomo II.* AGT Editor. México, D. F. pp. 393-401.
- Márquez S., F., L. Sahagun, J. A. Carrera, E. Barrera (2000). *Retrocruza limitada para el mejoramiento de maíces criollos.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 p.
- Moreno M., E. 1996. *Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Tercera Edición.* Instituto de Biología UNAM. México. pp. 237, 303.
- Ordás, A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. *Crop Science* 31: 931-935.
- Perry, D. A. 1983. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. P. H Hebblebwaite (coord.). F. Stanham (Trad.). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp: 693-701.
- Poehlman, J. M. 1979. *Mejoramiento Genético de las Cosechas.* Editorial Continental. México. 158 p.
- Reyes C., P. 1985. *Fitogenética Básica y Aplicada.* Ed. AGT. México. 460 p.
- Rincón, S. F., H. De León C., N. A. Ruiz T. y J. L. Herrera A. 2002. Avances en el aprovechamiento de germoplasma de maíz bajo el enfoque de mejoramiento participativo. In: *Simposium IPGRI: Manejo de la diversidad cultivada en los agroecosistemas tradicionales.* 13 al 16 de febrero del 2002. Mérida, Yuc. México. 53 p.
- Sánchez M. E. 1955. *Fitogenética.* Editorial Salvat. Barcelona, España.
- Statistical applied system (SAS) INSTITUTE Inc. 2002-2003. *SAS/STAT Users guide.* Versión 9.1 Cary, N. C. USA. SAS INSTITUTE Inc.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. 2007. Situación actual y perspectivas del Maíz en México 1996-2012. México, D. F. pp. 91, 131.

Tomes, T. D. 1998. Heterosis: performance stability to changing technology, and the foundation of agriculture as a business. In: Concepts (Eds). Madison, Wisconsin. pp. 13-27.

Turrent Fernández A., R. J. Laird, J. L. Cortes F, A. Barrios A. 2005. Revisiting agroecosystem productivity: II. Validity for adapting technology to maize in Mexico. *Agrociencia* 39. pp. 149-159.